

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-255427
 (43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.CI. G02B 6/122
 G02B 6/13

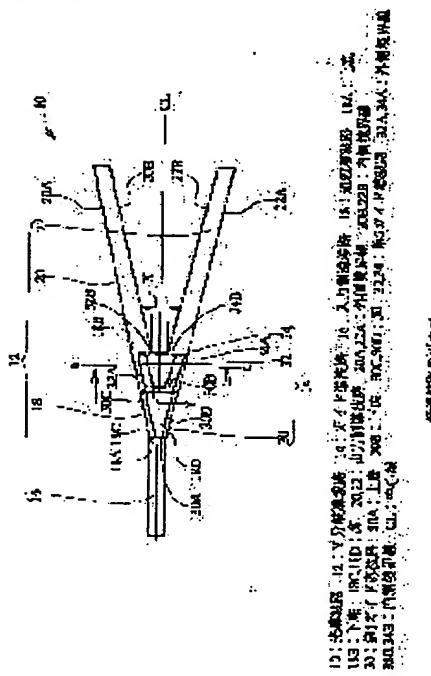
(21)Application number : 2000-066653 (71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD
 (22)Date of filing : 10.03.2000 (72)Inventor : ONO HIDEKI
 KAGAWA MASATOSHI

(54) OPTICAL WAVEGUIDE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the loss in optical signals propagating through a Y branch waveguide 12.

SOLUTION: The optical waveguide 10 has a Y branch waveguide 12 and a guide waveguide 14 on the transit waveguide 18 to the Y branch waveguide 12.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力側導波路と、該入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、該過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具えるY分岐導波路を含む光導波路において、該Y分岐導波路をY字状として見た場合における前記過渡導波路の表面上に、若しくは該表面及び裏面の双方上に、前記入力側導波路から入力された光信号を前記出力側導波路に効率良く分岐して出力させる為、屈折率が当該Y分岐導波路の屈折率より大きいガイド導波路を具えることを特徴とする光導波路。

【請求項2】 請求項1に記載の光導波路において、前記ガイド導波路は、前記入力側導波路側から前記出力側導波路側に向けて、第1ガイド導波路と、該第1ガイド導波路にそれぞれ接続された2本の第2ガイド導波路とを具え、

前記第1ガイド導波路の導波路幅は、前記過渡導波路の前記導波路幅と同様に拡がり、

各々の前記第2ガイド導波路は、前記過渡導波路と前記出力側導波路との境界近傍における該出力側導波路の延在方向に向かって、互いに異なる方向に延びていることを特徴とする光導波路。

【請求項3】 請求項2に記載の光導波路において、前記第1ガイド導波路は、更に、前記入力側導波路と前記過渡導波路との境界近傍における該入力側導波路上まで、導波路幅が狭くなるように延びていることを特徴とする光導波路。

【請求項4】 請求項2に記載の光導波路において、各々の前記第2ガイド導波路は、更に、前記過渡導波路と前記出力側導波路との境界近傍における該出力側導波路上まで、導波路幅が狭くなるように延びていることを特徴とする光導波路。

【請求項5】 下部クラッド層上に、第1コア層を形成する第1工程と、

前記第1コア層上に、屈折率が該第1コア層の屈折率より大きい第2コア層を形成する第2工程と、

前記第2コア層をバーニングして、ガイド導波路を形成する第3工程と、

前記第1コア層をバーニングして、Y分岐導波路を形成する第4工程と、

前記Y分岐導波路、露出している前記ガイド導波路、及び露出している前記下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する第5工程とを具えることを特徴とする光導

波路の製造方法。但し、前記Y分岐導波路は、入力側導波路と、該入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、該過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具え、かつ前記ガイド導波路は、該Y分岐導波路をY字状として見た場合における前記過渡導波路の表面上にあり、前記入力側導波路から入力された光信号を前記出力側導波路に効率良く分岐

して出力させるものとする。

【請求項6】 下部クラッド層上に、第1コア層を形成する第1工程と、

前記第1コア層をバーニングして、ガイド導波路を形成する第2工程と、

前記ガイド導波路及び前記下部クラッド層上に、屈折率が前記ガイド導波路の屈折率より小さい第2コア層を形成する第3工程と、

前記第2コア層をバーニングして、Y分岐導波路を形成する第4工程と、

前記Y分岐導波路、及び露出している前記下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する第5工程とを具えることを特徴とする光導波路の製造方法。但し、前記Y分岐導波路は、入力側導波路と、該入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、該過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具え、かつ前記ガイド導波路は、該Y分岐導波路をY字状として見た場合における前記過渡導波路の表面上にあり、前記入力側導波路から入力された光信号を前記出力側導波路に効率良く分岐して出力させるものとする。

【請求項7】 下部クラッド層上に、第1コア層を形成する第1工程と、

前記第1コア層をバーニングして、ガイド導波路を形成する第2工程と、

前記下部クラッド層上に、前記ガイド導波路と共に同一の平坦面を構成している下部クラッド層を追加形成する第3工程と、

前記平坦面上に、屈折率が前記ガイド導波路の屈折率より小さい第2コア層を形成する第4工程と、

前記第2コア層をバーニングして、Y分岐導波路を形成する第5工程と、

前記Y分岐導波路、及び露出している前記下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する第6工程とを具えることを特徴とする光導波路の製造方法。但し、前記Y分岐導波路は、入力側導波路と、該入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、該過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具え、かつ前記ガイド導波路は、該Y分岐導波路をY字状として見た場合における前記過渡導波路の表面上にあり、前記入力側導波路から入力された光信号を前記出力側導波路に効率良く分岐して出力させるものとする。

【請求項8】 下部クラッド層上に、第1コア層を形成する第1工程と、

前記第1コア層をバーニングして、ガイド導波路を形成する第2工程と、

前記下部クラッド層上に、前記ガイド導波路と共に同一の平坦面を構成している下部クラッド層を追加形成する第3工程と、

前記平坦面上に、屈折率が前記ガイド導波路の屈折率より小さい第2コア層を形成する第4工程と、

前記第2コア層上に、前記ガイド導波路と同一の構成材料からなる第3コア層を形成する第5工程と、
前記第3コア層をパターニングして、ガイド導波路を形成する第6工程と、
前記第2コア層をパターニングして、Y分岐導波路を形成する第7工程と、
前記第6工程で形成された前記ガイド導波路、露出している前記Y分岐導波路、及び露出している前記下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する第8工程とを具えることを特徴とする光導波路の製造方法。但し、前記Y分岐導波路は、入力側導波路と、該入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、該過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具え、かつ前記第2工程及び前記第6工程で形成された前記ガイド導波路は、それぞれ、該Y分岐導波路をY字状として見た場合における前記過渡導波路の表面及び裏面の双方上にあり、前記入力側導波路から入力された光信号を前記出力側導波路に効率良く分岐して出力させるものとする。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光導波路及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信の分野で、Y分岐導波路がある。Y分岐導波路とは、入力側導波路と、この入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、この過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具える光導波路である。Y分岐導波路は、方向性結合器型の光分岐器と比較して、光信号に対する波長依存性が小さい為、その設計及び製造が容易である長所を有する。

【0003】次に、Y分岐導波路の従来の製造方法の一例について、概略的に説明する。

【0004】先ず、プラズマCVD法によって、石英基板上に、石英系材料からなる下部クラッド層を形成する。次に、同じくプラズマCVD法によって、下部クラッド層上に、石英系材料からなるコア層を形成する。次に、フォトエッチング技術によって、コア層をパターニングして、Y分岐導波路を形成する。次に、プラズマCVD法によって、Y分岐導波路及び露出している下部クラッド層上に、石英系材料からなる上部クラッド層を形成する。以上の工程を以って、Y分岐導波路が完成する。

【0005】ところで、上部クラッド層を形成する際に、Y分岐導波路近傍において、石英系材料の堆積速度が異なる。その結果、上部クラッド層にポイド(空気)が含まれることがある。このポイドが両出力側導波路の分岐部分に含まれる場合、このポイドの屈折率が周囲の上部クラッド層の屈折率より小さい為、入力側導波路か

ら入力された光信号は、両出力側導波路に効率良く分岐して出力することができない。BPM(ピーム伝搬法)によるシミュレーションによれば、1dB以上の損失が発生することが予想される。

【0006】このポイドの影響による損失を低減する為には、例えば、厚さ(基板に対して垂直方向の長さ)が8μmのY分岐導波路において、分岐部分における両出力側導波路の間隔を6μm以上にすれば良い。

【0007】

10 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、分岐部分の間隔を6μm以上にした場合、過渡導波路において、光信号のモード界分布を、両出力側導波路に向けて効率良く分岐することができない。この時の損失は、4dB程度であると予想される。

【0008】そこで、分岐部分の間隔を6μm以上にした場合でも、これに起因する損失を低減でき、かつ、分岐部分にポイドが含まれていても、これに起因する損失を低減できるY分岐導波路を含む光導波路、及びその製造方法の出現が求められていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】この目的を達成する為に、この発明の光導波路は、ガイド導波路を具える。このガイド導波路は、このY分岐導波路をY字状として見た場合における過渡導波路の表面上、若しくは、表面及び裏面の双方上有る。又、このガイド導波路は、入力側導波路から入力された光信号を出力側導波路に効率良く分岐して出力させる。又、このガイド導波路は、屈折率がY分岐導波路の屈折率より大きい。

【0010】このような構成によれば、光信号が過渡導波路を通過する際に、ガイド導波路による振動によって、この光信号のモード界分布が、両出力側導波路に向けて効率良く分岐される。すなわち、過渡導波路から出力側導波路にモード界分布が伝搬する際に、導波路外部分(クラッド層)への漏れを低減できる。従って、光信号を両出力側導波路に効率よく伝搬させることができる。

【0011】この発明の光導波路の実施に当たり、好ましくは、ガイド導波路は、入力側導波路側から出力側導波路側に向けて、第1ガイド導波路と、この第1ガイド導波路にそれぞれ接続された2本の第2ガイド導波路とを具える。第1ガイド導波路の導波路幅は、過渡導波路の導波路幅と同様に拡がる。一方、各々の第2ガイド導波路は、過渡導波路と出力側導波路との境界近傍におけるこの出力側導波路の延長方向に向かって、互いに異なる方向に延びている。

【0012】このように構成すれば、過渡導波路において、光信号のモード界分布が両出力側導波路に向けて、2つに分かれる。2つに分かれたモード界分布は、それぞれ、両出力側導波路に出力される。従って、光信号を効率よく各出力側導波路に分岐して出力することができ

る。

【0013】又、この発明の光導波路の実施に当たり、好ましくは、第1ガイド導波路は、更に、入力側導波路と過渡導波路との境界近傍におけるこの入力側導波路上まで、導波路幅が狭くなるように延びているのが良い。

【0014】このように構成すれば、入力側導波路と過渡導波路との境界において、光信号のモード界分布の不整合を抑制することができる。従って、この境界におけるモード変換損失を低減することができる又、上述の発明の光導波路の実施に当たり、好ましくは、各々の第2ガイド導波路は、更に、過渡導波路と出力側導波路との境界近傍におけるこの出力側導波路上まで、導波路幅が狭くなるように延びているのが良い。

【0015】このように構成すれば、過渡導波路と出力側導波路との境界において、光信号のモード界分布の不整合を抑制することができる。従って、この境界におけるモード変換損失を低減することができる。

【0016】又、上述の目的を達成する為に、この発明の光導波路の製造方法は、下記のような第1～第5工程を具える。第1工程では、下部クラッド層上に、第1コア層を形成する。第2工程では、第1コア層上に、屈折率がこの第1コア層の屈折率より大きい第2コア層を形成する。第3工程では、第2コア層をパターニングして、ガイド導波路を形成する。第4工程では、第1コア層をパターニングして、Y分岐導波路を形成する。第5工程では、Y分岐導波路、露出しているガイド導波路、及び露出している下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する。

【0017】又、上述の目的を達成する為に、この発明の光導波路の製造方法は、下記のような第1～第5工程を具える。第1工程では、下部クラッド層上に、第1コア層を形成する。第2工程では、第1コア層をパターニングして、ガイド導波路を形成する。第3工程では、ガイド導波路及び下部クラッド層上に、屈折率がガイド導波路の屈折率より小さい第2コア層を形成する。第4工程では、第2コア層をパターニングして、Y分岐導波路を形成する。第5工程では、Y分岐導波路、及び露出している下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する。

【0018】又、上述の目的を達成する為に、この発明の光導波路の製造方法は、下記のような第1～第6工程を具える。第1構成では、下部クラッド層上に、第1コア層を形成する。第2工程では、第1コア層をパターニングして、ガイド導波路を形成する。第3工程では、下部クラッド層上に、ガイド導波路と共に同一の平坦面を構成している下部クラッド層を追加形成する。第4工程では、平坦面上に、屈折率がガイド導波路の屈折率より小さい第2コア層を形成する。第5工程では、第2コア層をパターニングして、Y分岐導波路を形成する。第6工程では、Y分岐導波路、及び露出している下部クラッ

ド層上に、上部クラッド層を形成する。

【0019】但し、上述の発明の光導波路の製造方法において、Y分岐導波路は、入力側導波路と、この入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、この過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具えるものとする。又、ガイド導波路は、このY分岐導波路をY字状として見た場合における過渡導波路の表面上にあり、入力側導波路から入力された光信号を出力側導波路に効率良く分岐して出力させるものとする。

【0020】これらのように構成すれば、ガイド導波路を、過渡導波路の表面に形成することができる。

【0021】上述の発明の目的を実施する為、この発明の光導波路の製造方法は、下記のような第1～第8工程を具える。第1工程では、下部クラッド層上に、第1コア層を形成する。第2工程では、第1コア層をパターニングして、ガイド導波路を形成する。第3工程では、下部クラッド層上に、ガイド導波路と共に同一の平坦面を構成している下部クラッド層を追加形成する。第4工程では、平坦面上に、屈折率がガイド導波路の屈折率より小さい第2コア層を形成する。第5工程では、第2コア層上に、ガイド導波路と同一の構成材料からなる第3コア層を形成する。第6工程では、第3コア層をパターニングして、ガイド導波路を形成する。第7工程では、第2コア層をパターニングして、Y分岐導波路を形成する。第8工程では、第6工程で形成されたガイド導波路、露出しているY分岐導波路、及び露出している下部クラッド層上に、上部クラッド層を形成する。

【0022】但し、Y分岐導波路は、入力側導波路と、この入力側導波路に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路と、この過渡導波路にそれぞれ接続された2本の出力側導波路とを具えるものとする。又、第2工程及び第6工程で形成されたガイド導波路は、それぞれ、このY分岐導波路をY字状として見た場合における過渡導波路の表面及び裏面の双方上にあり、入力側導波路から入力された光信号を出力側導波路に効率良く分岐して出力させるものとする。

【0023】このような構成によれば、ガイド導波路を、過渡導波路の表面に加えて、裏面にも形成することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図を参照して、この発明の実施の形態について、説明する。尚、図中、各構成成分の大きさ、形状及び配置関係は、この発明が理解できる程度に概略的に示してあるにすぎず、従って、この発明は、図示例に限定されるものではない。又、以下の説明において、数値は単なる一例にすぎず、この発明は、これらの数値のみに限定されるものではない。

【0025】「第1の実施の形態」図1及び図2を参照して、第1の実施の形態における、Y分岐導波路を含む

光導波路の構成について、説明する。

【0026】図1は、この発明の光導波路（Y分岐導波路及びガイド導波路）のみを取り出して、このY分岐導波路をY字状として見たときの平面図である。又、図2は、光導波路、及びこの光導波路を中に含むクラッド層の構成図であって、図1におけるa-a線で横切って見たときの断面図として示してある。

【0027】この発明の光導波路10は、図1に示すように、Y分岐導波路12と、Y分岐導波路12の過渡導波路18上にある、発明の特徴部分であるガイド導波路14とを具える。この光導波路10は、図2に示すように、基板24上に形成された下部クラッド層26と、下部クラッド層26上に形成された上部クラッド層28との間に含まれる。

【0028】(1. Y分岐導波路12の構成について)先ず、図1を参照して、Y分岐導波路12の構成について、説明する。

【0029】Y分岐導波路12は、入力側導波路16と、入力側導波路16に接続されていて、かつ導波路幅が拡がる過渡導波路18と、過渡導波路18にそれぞれ接続された2本の出力側導波路20及び22とを具える。

【0030】この構成例では、図1において、Y分岐導波路12を、このY分岐導波路12の中心線CLに対して対称的とする。又、Y分岐導波路12の厚さは、6μmである。又、Y分岐導波路12の屈折率は、1.4556である。

【0031】(1-1 入力側導波路16の構成について)入力側導波路16は、直線導波路である。この入力側導波路16の中心線は、中心線CL上にある。入力側導波路16の導波路幅は、8μmである。

【0032】(1-2 過渡導波路18の構成について)過渡導波路18は、中心線CLに対して対称的な台形型の導波路である。この台形の上底18Aは、入力側導波路16と接続している。又、この台形の下底18Bは、上底18Aより長く、かつ、出力側導波路20及び22と接続している。中心線CLは、上底18A及び下底18Bの中心と交わり、かつ、上底18A及び下底18Bに対して垂直である。従って、この台形の脚18C及び18Dは、それぞれ、上底18Aから下底18Bに近づくにつれて、中心線CLから等間隔に、かつ互いに逆方向に離れる。

【0033】(1-3 出力側導波路20及び22の構成について)出力側導波路20及び22は、それぞれ、直線導波路であって、下底18Bの各端部に接続されている。出力側導波路20の外側境界線20Aは、脚18Cの延長線上にある。一方、出力側導波路22の外側境界線22Aは、脚18Dの延長線上にある。従って、出力側導波路20及び22は、それぞれ、下底18Bから遠ざかるにつれて、中心線CLから等間隔に、かつ互いに

に逆方向に離れる。尚、分岐部分（下底18B）における、出力側導波路20の内側境界線20Bと、出力側導波路22の内側境界線22Bとの間隔Xは、6μmである。

【0034】(2. ガイド導波路14の構成について)次に、同じく図1を参照して、ガイド導波路14の構成について、説明する。

【0035】ガイド導波路14は、図1に示すように、Y分岐導波路12をY字状として見た場合において、過渡導波路18の表面上（上部クラッド層26側）にある。ガイド導波路14は、入力側導波路16から入力された光信号を出力側導波路に効率良く分岐して出力させる。ガイド導波路14の厚さは、0.4μmである。但し、ガイド導波路14の屈折率は、Y分岐導波路の屈折率より高くする。ここでは、ガイド導波路14の屈折率を、1.485としている。

【0036】この構成例では、ガイド導波路14は、入力側導波路16側から出力側導波路20及び22側に向けて、第1ガイド導波路30と、この第1ガイド導波路30にそれぞれ接続された2本の第2ガイド導波路32及び34とを具える。

【0037】(2-1 第1ガイド導波路30の構成について)第1ガイド導波路30は、過渡導波路18と同様に、中心線CLに対して線対称な台形型の導波路であって、その導波路幅は、過渡導波路18の導波路幅と同様に拡がる。

【0038】この台形の上底30Aは、上底18A上にある。上底30Aの導波路幅は、6μmである。又、この台形の下底30Bは、上底30Aより長く、かつ、第2ガイド導波路32及び34と接続している。中心線CLは、上底30A及び下底30Bの中心と交わり、かつ、上底30A及び下底30Bに対して垂直である。この台形の脚30C及び30Dは、それぞれ、上底30Aから下底30Bに向かって、脚18C及び18Dに沿っている。

【0039】(2-2 第2ガイド導波路32及び34の構成について)第2ガイド導波路32及び34は、それぞれ、直線導波路であって、下底30Bの各端部に接続されている。第2ガイド導波路32の外側境界線32Aは、脚30Cの延長線上にある。一方、第2ガイド導波路34の外側境界線34Aは、脚30Dの延長線上にある。従って、第2ガイド導波路32は、出力側導波路20の延在方向に向かって、下底18Bまで延びている。又、第2ガイド導波路34は、出力側導波路22の延在方向に向かって、下底18Bまで延びている。尚、下底18B上における第2ガイド導波路32及び34の導波路幅を、それぞれ、6μmとしている。又、下底30Bにおける、第2ガイド導波路32の内側境界線32Bと、第2ガイド導波路34の内側境界線34Bとの間隔Yは、1μmである。

【0040】(3. 光導波路10等の製造方法について) 次に、図3(A)～(H)を参照して、光導波路10等の製造方法について、説明する。

【0041】図3(A)～(H)は、第1の実施の形態における、光導波路10の製造方法を示す製造工程図であって、図2と同様に、図1におけるa-a線で横切ったときの断面図として示してある。

【0042】この製造方法は、下記の第1～第5工程を具える。

【0043】(第1工程)：先ず、基板24として、石英基板を用意する。

【0044】次に、この基板24上に、テトラエトキシシラン(Si(O₂C₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、石英系材料からなる下部クラッド層26を形成する。下部クラッド層26の厚さは、20μmである。又、下部クラッド層26の屈折率は、1.4512である。

【0045】次に、下部クラッド層26上に、同じくテトラエトキシシラン(Si(O₂C₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、石英系材料からなる第1コア層36を形成する。第1コア層36の厚さは、8μmである。又、第1コア層36の屈折率は、1.4556である。

【0046】(第2工程)：次に、第1コア層36上に、同じくテトラエトキシシラン(Si(O₂C₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、第2コア層38を形成する(図3(A))。第2コア層38の厚さは、0.4μmである。又、第2コア層の屈折率は、1.485である。

【0047】尚、第1及び第2工程において、所定量のフッ素、リン、ゲルマニウム又はホウ素をドープすることによって、下部クラッド層26、第1コア層36及び第2コア層38の屈折率を制御している。

【0048】(第3工程)：次に、第2コア層38上に、フォトリソグラフィーによって、ガイド導波路14を形成する為のレジストパターン40を形成する(図3(B))。

【0049】次に、レジストパターン40を利用して、反応性イオンエッチングによって、第2コア層38をパターニングして、ガイド導波路14を形成する(図3(C))。

【0050】次に、レジストパターン40を除去する。

【0051】(第4工程)：次に、ガイド導波路14及び露出している第1コア層36上に、マスク材42を形成する(図3(D))。

【0052】次に、マスク材42上に、フォトリソグラフィーによって、Y分岐導波路12を形成する為のレジストパターン44を形成する(図3(E))。

【0053】次に、レジストパターン44を利用して、反応性イオンエッチングによって、マスク材42をパタ

ーニングする(図3(F))。

【0054】次に、同じくレジストパターン44を利用して、反応性イオンエッチングによって、第1コア層36をパターニングして、Y分岐導波路12を形成する(図3(G))。

【0055】次に、残ったマスク材42及びレジストパターン44を除去する。

【0056】(第5工程)：次に、Y分岐導波路12、露出しているガイド導波路14、及び露出している下部クラッド層26上に、テトラエトキシシラン(Si(O₂C₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、石英系材料からなる上部クラッド層28を形成する(図3(H))。上部クラッド層28の厚さは、この上部クラッド層28が接している下部クラッド層26の表面から、30μmである。又、上部クラッド層28の屈折率は、下部クラッド層26の屈折率と同様に、1.4512である。

【0057】(4. 光導波路10を伝搬する光信号のモード界分布について) 次に、図4及び図5を参照して、Y分岐導波路12を伝搬する光信号のモード界分布について、説明する。

【0058】図4は、この発明の光導波路10(Y分岐導波路12及びガイド導波路14)を伝搬する光信号のモード界分布を示す図であって、Y分岐導波路12をY字状として見たときの平面図上に、モード界分布の最大値曲線を付している。

【0059】図5は、過渡導波路18を伝搬する光信号のモード界分布を示す図であって、図4におけるb-b線で横切って見たときの断面図上に、モード界分布の等値曲線を付している。縦軸は、光導波路10の厚さ方向を表す。又、横軸は、基板面方向(すなわち光導波路10の導波路幅方向)を表す。

【0060】尚、下記のシミュレーションで使用している光信号の波長は、1.31μmである。又、ここでは、光信号は、入力側導波路16から、過渡導波路18を経由して、出力側導波路20及び22に伝搬するものとする。

【0061】先ず、この光信号は、外部より入力側導波路16に入力される。この入力側導波路16を伝搬する光信号のモード界分布は、単一モードである。

【0062】次に、この光信号は、第1ガイド導波路30が設けられた過渡導波路18に出力される。この過渡導波路18の部分では、光信号のモード界分布は、導波路幅方向(モード界分布の進行方向に対して垂直方向)に拡がる。

【0063】次に、この光信号は、第2ガイド導波路32及び34が設けられた過渡導波路18の部分に出力される。この過渡導波路18の部分では、モード界分布のピークは、2つになる。一方のピークは、第2ガイド導波路32が設けられた過渡導波路18直下の部分を伝搬

する。もう一方のピークは、第2ガイド導波路324が設けられた過渡導波路18直下の部分を伝搬する。2つのピークの間の谷間の部分（モード界分布の極小値）は、中心線CL上を伝搬する。図5に示すように、モード界分布の最大値は、第2ガイド導波路32及び34に向かって引き寄せられている。

【0064】次に、この光信号は、出力側導波路20及び22に出力される。上述のように、第2ガイド導波路32及び34の延在方向に出力側導波路20及び22があり、かつ、モード界分布の2つのピークは、第2ガイド導波路32及び34を伝搬している。従って、これら2つのピークは、そのまま出力側導波路20及び22に出力されて、これら出力側導波路20及び22を伝搬していく。又、これら2つのピークの谷間部分は、上述のように、モード界分布の極小値であるから、出力側導波路20及び22間の上部クラッド層28に漏れる量は少ない。従って、これら2つのピークは、出力側導波路20及び22に効率よく出力される。

【0065】次に、比較の為に、図6及び図7を参照して、従来構成のY分岐導波路を伝搬する光信号のモード界分布について、概略的に説明する。

【0066】図6は、図4と対比する為のモード界分布を示す図である。又、図7は、図5と対比する為のモード界分布を示す図である。

【0067】図6に示すように、従来構成の光導波路は、Y分岐導波路12からなり、ガイド導波路を具えない。従って、過渡導波路18を伝搬する光信号のモード界分布は、2つに分かれることなく、中心線CL上を伝搬していく。又、図7に示すように、過渡導波路18の中心に、モード界分布の中心がある。次に、この光信号が、出力側導波路20及び22に分岐されて出力されるとき、モード界分布の中心が中心線CL上にあるので、光信号のパワーの多くが、上部クラッド層28に漏れる。従って、従来のY分岐導波路12の構成によれば、光信号を、出力側導波路20及び22に効率よく出力することができなかった。

【0068】(5. シミュレーション結果について) 次に、この発明の光導波路10に、波長1.31μmの光信号を伝搬させたときの、各種のシミュレーション結果について、順次説明する。下記のシミュレーションでは、外部より入力側導波路16に入力したときの光信号のパワーと、出力側導波路20（又は22）から外部に出力されるときの光信号のパワーとの差すなわち減衰量（単位dB）を算出した。

【0069】(5-1 ガイド導波路14の屈折率を変化させたとき) 先ず、図8を参照して、ガイド導波路14の屈折率を変化させたときのシミュレーション結果について、説明する。

【0070】図8は、ガイド導波路の屈折率を変化させたときの減衰量を示すグラフである。縦軸は、減衰量を

表す。又、横軸は、ガイド導波路14の屈折率を表す。尚、従来構成（ガイド導波路14がない構成）による減衰量の値（約3.94dB）も、図8に示している。

【0071】図8に示すように、ガイド導波路14の屈折率が1.485のとき、減衰量が最小となる。ガイド導波路14の屈折率が、1.4512より大きく、かつ1.5085以下のとき、従来構成よりも減衰量を低減できる。すなわち、比屈折率差 Δ_2 で表すと、下記式（1）となる。

【0072】 $-0.3 < \Delta_2 \leq 3.7 \quad \dots (1)$

但し、比屈折率差 Δ_2 は、下記式（2）で定義される。

【0073】

【数1】

$$\Delta_2[\%] = \frac{n f_2^2 - n f_1^2}{2 n f_2^2} \times 100 \quad \dots (2)$$

【0074】上記式（2）において、 $n f_1$ は、Y分岐導波路12の屈折率である。又、 $n f_2$ は、ガイド導波路14の屈折率である。又、比屈折率差 Δ_2 の単位は、%である。

【0075】(5-2 第2ガイド導波路32及び34の導波路幅を変化させたとき) 次に、図9を参照して、第2ガイド導波路32及び34の導波路幅を変化させたときのシミュレーション結果について、説明する。

【0076】図9は、第2ガイド導波路の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。縦軸は、減衰量を表す。又、横軸は、第2ガイド導波路32及び34の屈折率を表す。尚、従来構成（ガイド導波路14がない構成）による減衰量の値（約3.94dB）も、図9に示している。

【0077】図9に示すように、ガイド導波路14を設けた場合、従来構成より必ず減衰量が小さくなる。

【0078】(5-3 ガイド導波路14の厚さを変化させたとき) 次に、図10を参照して、ガイド導波路14の厚さを変化させたときのシミュレーション結果について、説明する。

【0079】図10は、ガイド導波路の厚さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。縦軸は、減衰量を表す。又、横軸は、ガイド導波路14の厚さを表す。

【0080】尚、従来構成（ガイド導波路14がない構成）による減衰量の値（約3.94dB）も、図10に示している。

【0081】 $0 < R_r \leq 9.375 \quad \dots (3)$

但し、比 R_r は、下記式（4）で定義される。又、比 R_r の単位は、%である。

【0082】

【数2】

$$R_r[\%] = \frac{hr}{hg} \times 100 \quad \dots \quad (4)$$

【0083】上記式(4)において、hgは、Y分岐導波路12の厚さである。又、hrは、ガイド導波路14の厚さである。

【0084】(6. 効果) 上述のように、Y分岐導波路12の過渡導波路18の表面上にガイド導波路14を具えることによって、過渡導波路18を伝搬する光信号を2つに分離して、それぞれを効率良く出力側導波路20及び22に出力することができる。従って、光信号の伝搬損失を低減することができる。

【0085】「第2の実施の形態」第2の実施の形態では、ガイド導波路14を、有機系材料から構成する。この点のみが、第1の実施の形態と異なる。すなわち、第2の実施の形態における製造方法の第2工程のみが、第

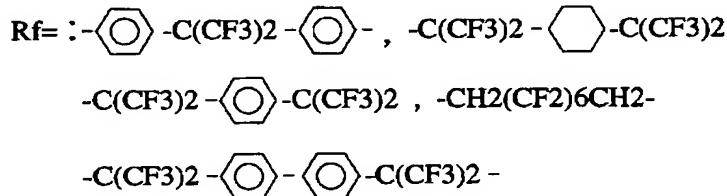
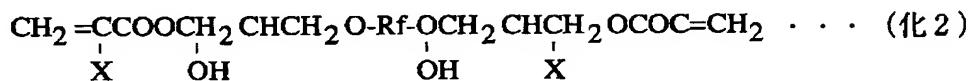
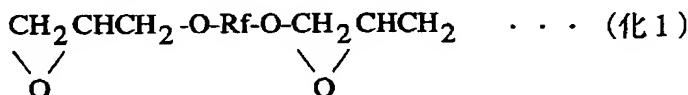
1の実施の形態と異なる。

【0086】そこで、図3(A)を参照して、第2工程についてのみ、説明する。

【0087】第2工程では、第1コア層36上に、スピノコートにより、有機系材料を塗布して、紫外線を照射することにより硬化した(図3(A))。この構成例では、有機系材料を、フッ素化エポキシ(下記化(1)式)及びフッ素化エポキシ(メタ)アクリレート(下記化(2)式)を主成分とした紫外線硬化型ポリマーとする。硬化した有機系材料が、第2コア層38となる。この第2コア層38の厚さ及び屈折率は、それぞれ、第1の実施の形態と同様に、0.4μm及び1.485である。

【0088】

【化1】



【0089】一般的に、有機系材料は、現在光通信システムで近赤外域での吸収が大きく、光導波路10における損失を大きくする要因となり得る。しかしながら、第2の実施の形態では、Y分岐導波路12、下部クラッド層26及び上部クラッド層28を、第1の実施の形態と同様に石英系材料から構成し、かつ、ガイド導波路14のみ有機系材料から構成しているので、光導波路10全体における損失は、事実上問題にならない。又、成膜及び加工の容易さから、有機系材料を用いることは望ましい。

【0090】「第3の実施の形態」第3の実施の形態では、第3工程のみが、第2の実施の形態の場合と異なる。そこで、この点についてのみ、説明する。

【0091】第3工程では、リソグラフィーによって、第2コア層38を直接パターニングして、ガイド導波路14を形成する。すなわち、レジストパターン40(図3(B))を形成する手間を要しない。従って、加工時

間を大幅に短縮することができる。

【0092】「第4の実施の形態」第4の実施の形態では、ガイド導波路14は、下部クラッド層26上に形成されている。この点が、上述の実施の形態と異なる。

【0093】そこで、図11(A)～(I)を参照して、第4の実施の形態における光導波路10等の製造方法について、説明する。

【0094】図11(A)～(I)は、第4の実施の形態における、光導波路の製造工程を示す断面図である。

【0095】この製造方法は、下記の第1～第5工程を具える。

【0096】(第1工程)：先ず、基板24として、石英基板を用意する。

【0097】次に、この基板24上に、テトラエトキシシラン(Si(OCH₃)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、石英系材料からなる下部クラッド層26を形成する。下部クラッド層26の厚さは、

20 μmである。又、下部クラッド層26の屈折率は、1.4512である。

【0098】次に、下部クラッド層26上に、同じくテトラエトキシシラン(Si(OC₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、石英系材料からなる第1コア層50を形成する(図11(A))。第1コア層50の厚さは、0.4 μmである。又、第1コア層50の屈折率は、1.485である。

【0099】(第2工程)：次に、第1コア層50上に、フォトリソグラフィーによって、ガイド導波路14を形成する為のレジストパターン52を形成する(図11(B))。

【0100】次に、レジストパターン52を利用して、反応性イオンエッチングによって、第1コア層50をパターニングして、ガイド導波路14を形成する(図11(C))。

【0101】次に、レジストパターン52を除去する。

【0102】(第3工程)：次に、ガイド導波路14及び露出している下部クラッド層26上に、同じくテトラエトキシシラン(Si(OC₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、第2コア層54を形成する(図11(D))。第2コア層54と接しているガイド導波路14の表面から、この第2コア層54の表面までの厚さは、8 μmである。又、第2コア層54の屈折率は、1.4556である。

【0103】尚、第1及び第3工程において、所定量のフッ素、リン、ゲルマニウム又はホウ素をドープすることによって、下部クラッド層26、第1コア層50及び第2コア層54の屈折率を制御している。

【0104】(第4工程)：次に、第2コア層54上に、マスク材56を形成する(図11(E))。

【0105】次に、マスク材56上に、フォトリソグラフィーによって、Y分岐導波路12を形成する為のレジストパターン58を形成する(図11(F))。

【0106】次に、レジストパターン58を利用して、反応性イオンエッチングによって、マスク材56をパターニングする(図11(G))。

【0107】次に、同じくレジストパターン58を利用して、反応性イオンエッチングによって、第2コア層54をパターニングして、Y分岐導波路12を形成する(図11(H))。

【0108】次に、残ったマスク材56及びレジストパターン58を除去する。

【0109】(第5工程)：次に、Y分岐導波路12及び露出している下部クラッド層26上に、テトラエトキシシラン(Si(OC₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、石英系材料からなる上部クラッド層28を形成する(図3(I))。上部クラッド層28の厚さは、この上部クラッド層28が接している下部クラッド層26の表面から、30 μmである。

又、上部クラッド層28の屈折率は、下部クラッド層26の屈折率と同様に、1.4512である。上述の工程によって、ガイド導波路14は、下部クラッド層26上に形成される。

【0110】この光導波路10の構成においても、第1の実施の形態と同様の効果が得られる。すなわち、過渡導波路18を伝搬する光信号を2つに分離して、それを効率良く出力側導波路20及び22に出力することができる。従って、光信号の伝搬損失を低減することができる。

【0111】「第5の実施の形態」第5の実施の形態では、ガイド導波路14は、下部クラッド層26に埋め込まれている。この点が、第4の実施の形態の場合と異なる。

【0112】そこで、図12(A)～(K)を参照して、第5の実施の形態における光導波路10等の製造方法について、説明する。

【0113】図12(A)～(K)は、第5の実施の形態における、光導波路10の製造工程を示す断面図である。

【0114】この製造方法は、下記の第1～第6工程を具える。

【0115】(第1工程)：第4の実施の形態における第1工程と同様である。但し、図12(A)は、図11(A)に相当している。

【0116】(第2工程)：第4の実施の形態における第2工程と同様である。但し、図12(B)及び(C)は、それぞれ、図11(B)及び(C)に相当している。

【0117】次に、第4の実施の形態と同じく、レジストパターン52を除去する。

【0118】(第3工程)：次に、ガイド導波路14、及び露出している下部クラッド層26上に、テトラエトキシシラン(Si(OC₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、下部クラッド層26と同一組成の下部クラッド層26を追加形成する(図12(D))。

【0119】次に、追加形成された下部クラッド層26の表面を、ガイド導波路14の表面が現れるまで研磨する(図12(E))。これにより、下部クラッド層26及びガイド導波路14は、同一の平坦面60を構成する。

【0120】(第4工程)：次に、平坦面60上に、同じくテトラエトキシシラン(Si(OC₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、第2コア層54を形成する(図12(F))。第2コア層54と接しているガイド導波路14の表面から、この第2コア層54の表面までの厚さは、8 μmである。又、第2コア層54の屈折率は、1.4556である。

【0121】尚、第1及び第4工程において、所定量の

フッ素、リン、ゲルマニウム又はホウ素をドープすることによって、下部クラッド層26、第1コア層50及び第2コア層54の屈折率を制御している。

【0122】(第5工程)：第4の実施の形態における第4工程と同様である。但し、図12(G)～(J)は、それぞれ、図11(E)～(H)に相当している。

【0123】(第6工程)：第4の実施の形態における第5工程と同様である。但し、図12(K)は、図11(I)に相当している。

【0124】この光導波路10の構成においても、第1の実施の形態と同様の効果が得られる。すなわち、過渡導波路18を伝搬する光信号を2つに分離して、それを効率良く出力側導波路20及び22に出力することができる。従って、光信号の伝搬損失を低減することができる。

【0125】「第6の実施の形態」第6の実施の形態では、Y分岐導波路12をY字状として見た場合に、過渡導波路18の表面及び裏面の双方上に、ガイド導波路14A及び14Bを具える。上述の構成例では、表面又は裏面の何れか一面のみに、ガイド導波路14が形成されていた。第6の実施の形態は、第1及び第5の実施の形態を組み合わせている。

【0126】(1. 光導波路10等の製造方法について)先ず、図13(A)～(N)を参照して、第6の実施の形態における光導波路10等の製造方法について、説明する。

【0127】(第1工程)：第5の実施の形態における第1工程と同様である。但し、図13(A)は、図12(A)に相当している。

【0128】(第2工程)：第5の実施の形態における第2工程と同様である。但し、図13(B)及び図13(C)は、それぞれ、図12(B)及び図12(C)に相当している。又、ガイド導波路14Aは、第5の実施の形態におけるガイド導波路14に相当している。

【0129】(第3工程)：第5の実施の形態における第3工程と同様である。但し、図13(D)及び(E)は、それぞれ、図12(D)及び(E)に相当している。

【0130】(第4工程)：第5の実施の形態における第4工程と同様である。但し、図13(F)は、図12(F)に相当している。

【0131】(第5工程)：第1の実施の形態における第2工程と同様である。

【0132】すなわち、第2コア層54上に、テトラエトキシシラン(Si(OC₂H₅)₄)をガスソースとして、プラズマCVD法によって、第3コア層62を形成する(図13(G))。第3コア層62の厚さ及び屈折率は、それぞれ、第1コア層50と同じく、0.4μm及び1.485である。

【0133】(第6工程)：第1の実施の形態の第3工

程と同様である。

【0134】すなわち、第3コア層62上に、フォトリソグラフィーによって、ガイド導波路14Bを形成する為のレジストパターン40を形成する(図13(H))。

【0135】次に、レジストパターン40を利用して、反応性イオンエッティングによって、第3コア層62をパターニングして、ガイド導波路14Bを形成する(図13(I))。

10 【0136】次に、レジストパターン40を除去する。

【0137】(第7工程)：第1の実施の形態の第4工程と同様である。

【0138】すなわち、第3コア層62及び露出している第2コア層54上に、マスク材42を形成する(図13(J))。

【0139】次に、マスク材42上に、フォトリソグラフィーによって、Y分岐導波路12を形成する為のレジストパターン44を形成する(図13(K))。

20 【0140】次に、レジストパターン44を利用して、反応性イオンエッティングによって、マスク材42をパターニングする(図13(L))。

【0141】次に、同じくレジストパターン44を利用して、反応性イオンエッティングによって、第2コア層54をパターニングして、Y分岐導波路12を形成する(図13(M))。

【0142】次に、残ったマスク材42及びレジストパターン44を除去する。

30 【0143】(第8工程)：第1の実施の形態の第5工程と同様である。但し、図13(N)は、図3(H)に相当している。

【0144】上述の工程を以って、Y分岐導波路12をY字状として見た場合に、過渡導波路18の表面及び裏面の双方上に、ガイド導波路14A及び14Bを具える光導波路10が完成する。

【0145】(2. 過渡導波路18を伝搬する光信号のモード界分布について)次に、図14を参照して、過渡導波路18を伝搬する光信号のモード界分布について、説明する。

【0146】図14は、図5と同様に、過渡導波路18を伝搬する光信号のモード界分布を示す図であって、図4におけるb-b線で横切って見たときの断面図上に、モード界分布の等値曲線を付している。尚、下記のシミュレーションで使用している光信号の波長は、1.31μmである。

【0147】図14に示すように、過渡導波路18の表面及び裏面の双方上に、ガイド導波路14A及び14Bを設けることにより、モード界分布の強度中心は、ガイド導波路14A及び14Bそれぞれに引き寄せられる。従って、光信号は、第1の実施の形態(図5参照)と比較して、より効率良く出力側導波路20及び22に分岐

して出力されることができる。

【0148】(3. シミュレーション結果について) 次に、この発明の光導波路10に、波長1.31μmの光信号を伝搬させたときの、各種のシミュレーション結果について、順次説明する。下記のシミュレーションでは、第1の実施の形態と同様に、外部より入力側導波路16に入力したときの光信号のパワーと、出力側導波路20(又は22)から外部に出力されるときの光信号のパワーとの差すなわち減衰量(単位dB)を算出した。

【0149】(3-1 ガイド導波路14A及び14Bの屈折率を変化させたとき) 先ず、図15を参照して、ガイド導波路14A及び14Bの屈折率を変化させたときのシミュレーション結果について、説明する。

【0150】図15は、図8と同様に、ガイド導波路の屈折率を変化させたときの減衰量を示すグラフである。縦軸は、減衰量を表す。又、横軸は、ガイド導波路14A及び14Bの屈折率を表す。尚、従来構成(ガイド導波路14A及び14Bがない構成)による減衰量の値(約3.94dB)も、図15に示している。

【0151】図15に示すように、ガイド導波路14A及び14Bの屈折率が1.474のとき、減衰量が最小となる。ガイド導波路14A及び14Bの屈折率が、1.4512より大きく、かつ1.4940以下のとき、従来構成よりも減衰量を低減できる。すなわち、比屈折率差 Δ_2 を表すと、下記式(5)となる。

【0152】 $-0.3 < \Delta_2 \leq 2.54$ … (5)

(3-2 第2ガイド導波路32及び34の導波路幅を変化させたとき) 次に、図16を参照して、第2ガイド導波路32及び34の導波路幅を変化させたときのシミュレーション結果について、説明する。

【0153】図16は、図9と同様に、第2ガイド導波路の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。縦軸は、減衰量を表す。又、横軸は、第2ガイド導波路32及び34の屈折率を表す。尚、従来構成(ガイド導波路14がない構成)による減衰量の値(約3.94dB)も、図16に示している。

【0154】図16に示すように、ガイド導波路14A及び14Bを設けた場合、従来構成より必ず減衰量が小さくなる。第2ガイド導波路32及び34の導波路幅が7μmのとき、減衰量が最小になる。

【0155】(3-3 ガイド導波路14A及び14Bの厚さを変化させたとき) 次に、図17を参照して、ガイド導波路14A及び14Bの厚さを変化させたときのシミュレーション結果について、説明する。

【0156】図17は、図10と同様に、ガイド導波路の厚さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。縦軸は、減衰量を表す。又、横軸は、ガイド導波路14A及び14Bの厚さを表す。尚、従来構成(ガイド導波路14A及び14Bがない構成)による減衰量の値(約3.94dB)も、図17に示している。

【0157】図17に示すように、ガイド導波路14A及び14Bの厚さが0.9μmのとき、減衰量が最小となる。ガイド導波路の厚さが、0より大きく、かつ0.9μm以下のとき、従来構成よりも減衰量を低減できる。すなわち、比R_rで表すと、下記式(6)となる。

【0158】 $0 < R_r \leq 11.25$ … (6)

(4. 効果) 上述のように、Y分岐導波路12の過渡導波路18の表面及び裏面の双方上にガイド導波路14A及び14Bを具えることによって、過渡導波路18を伝搬する光信号を2つに分離して、第1の実施の形態と比較して、それぞれを効率良く出力側導波路20及び22に出力することができる。従って、光信号の伝搬損失をより一層低減することができる。

【0159】「第7の実施の形態」

(1. ガイド導波路14の構成等について) 先ず、図18を参照して、第7の実施の形態におけるガイド導波路14の構成について、説明する。

【0160】図18は、図1と同様に、光導波路のみを取り出して、Y分岐導波路をY字状として見たときの平面図である。

【0161】第1ガイド導波路30は、更に、第1の実施の形態の入力側導波路16と過渡導波路18との境界(上底18A)近傍における入力側導波路16上まで、導波路幅が狭くなるように延びている。

【0162】この構成例では、第1ガイド導波路30は、第1の実施の形態における第1ガイド導波路30の構成に加えて、上底18Aから入力側導波路16に向かって300μmの距離の第1端部64間に形成されていて、その導波路幅は、6μmから1μmへと徐々に狭くなる。

【0163】又、第2ガイド導波路32及び34は、それぞれ、更に、第1の実施の形態の過渡導波路18と出力側導波路20及び22の境界(下底18B)近傍における出力側導波路20及び22上まで、導波路幅が狭くなるように延びている。

【0164】この構成例では、第2ガイド導波路32及び34は、それぞれ、第1の実施の形態における第2ガイド導波路32及び34の構成に加えて、下底18Bから出力側導波路20及び22に向かって300μmの距離の第2端部66A及び66B間に形成されていて、その導波路幅は、6μmから1μmへと徐々に狭くなる。

【0165】尚、下底18Bにおける内側境界線20B及び22B間の距離Xを、3.5μmとしている。又、下底30Bにおける内側境界線32B及び34B間の距離Yを、1μmとしている。又、下部クラッド層26、上部クラッド層28、Y分岐導波路12及びガイド導波路14の厚さを、それぞれ、20μm、20μm、6μm及び1μmとしている。又、下部クラッド層26、上部クラッド層28、Y分岐導波路12及びガイド導波路14の屈折率を、それぞれ、1.4483、1.448

3, 1, 4556 及び 1, 466 としている。又、入力側導波路 16 及び出力側導波路 20 及び 22 の導波路幅を、それぞれ、 $8 \mu\text{m}$ としている。

【0166】(2. 過渡導波路 18 を伝搬する光信号のモード界分布等について) 次に、図 19～図 21 を参照して、過渡導波路 18 を伝搬する光信号のモード界分布について、説明する。

【0167】図 19 は、第 7 の実施の形態における過渡導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図であって、図 18 における c-c 線(第 1 ガイド導波路 30) で横切って見たときの断面図上に、モード界分布の等値曲線を付している。

【0168】図 20 は、入力側導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

【0169】図 21 は、第 1 の実施の形態における過渡導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図であって、図 4 における c-c 線(第 1 ガイド導波路 30) で横切って見たときの断面図上に、モード界分布の等値曲線を付している。

【0170】尚、下記のシミュレーションで使用している光信号の波長は、 $1, 31 \mu\text{m}$ である。

【0171】光信号が入力側導波路 16 から過渡導波路 18 に出力される際に、この入力側導波路 16 上に設けられた第 1 ガイド導波路 30 の導波路幅は、徐々に拡がる。よって、図 19 及び図 20 に示すように、入力側導波路 16 を伝搬する光信号のモード界分布は、第 1 ガイド導波路 30 が設けられた過渡導波路 18 の部分を伝搬する光信号のモード界分布と似ている。つまり、モード界分布は、入力側導波路 16 から過渡導波路 18 に安定して伝搬する。従って、上底 18A でのモード界の不整合による損失を、上述の実施の形態と比較して、低減させることができる。

【0172】因みに、図 21 に示す光信号のモード界分布(第 1 の実施の形態におけるモード界分布)は、ガイド導波路 14 が過渡導波路 18 上にのみ配置されている場合におけるシミュレーション結果であって、図 20 に示す光信号のモード界分布と、等値曲線の形状が大きく異なる。つまり、モード界分布は、入力側導波路 16 から過渡導波路 18 に安定して伝搬できない。従って、上底 18A でのモード界の不整合による損失を、第 7 の実施の形態の場合ほど低減させることができない。

【0173】次に、光信号は、第 1 ガイド導波路 30 が設けられた過渡導波路 18 の部分から、第 2 ガイド導波路 32 及び 34 が設けられた過渡導波路 18 の部分に出力される。

【0174】次に、光信号が過渡導波路 18 から出力側導波路 20 及び 22 に出力される際に、これら出力側導波路 20 及び 22 上に設けられた第 2 ガイド導波路 32 及び 34 の導波路幅は、徐々に狭くなる。よって、第 2 ガイド導波路 32 及び 34 が設けられた過渡導波路 18

の部分を伝搬する光信号のモード界分布は、出力側導波路 20 及び 22 を伝搬する光信号のモード界分布と似ている。つまり、モード界分布は、過渡導波路 18 から出力側導波路 20 及び 22 に安定して伝搬する。従って、下底 18B でのモード界分布の不整合による損失を、上述の実施の形態と比較して、低減させることができる。

【0175】(3. シミュレーション結果について) 次に、この発明の光導波路 10 に、波長 $1, 31 \mu\text{m}$ の光信号を伝搬させたときの、各種のシミュレーション結果について、順次説明する。下記のシミュレーションでは、第 1 の実施の形態と同様に、外部より入力側導波路 16 に入力したときの光信号のパワーと、出力側導波路 20 (又は 22) から外部に出力されるときの光信号のパワーとの差、すなわち減衰量(単位 dB) を算出した。

【0176】そこで、図 22～図 26 を参照して、各シミュレーション結果について、説明する。図 22～図 26 の縦軸は、何れも、減衰量(単位: dB) を表す。

【0177】図 22 は、入力側導波路上の第 1 ガイド導波路の長さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。横軸は、入力側導波路 12 上の第 1 ガイド導波路 30 の長さ(単位: μm) を表す。

【0178】図 23 は、出力側導波路上の第 2 ガイド導波路の長さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。横軸は、出力側導波路 20 及び 22 上の第 2 ガイド導波路 32 及び 34 の長さ(単位: μm) を表す。

【0179】図 24 は、入力側導波路上の第 1 ガイド導波路の先端の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。横軸は、入力側導波路 12 上の第 1 ガイド導波路 30 の先端の導波路幅(単位: μm) を表す。

【0180】図 25 は、出力側導波路上の第 2 ガイド導波路の先端の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。横軸は、出力側導波路 20 及び 22 上の第 2 ガイド導波路 32 及び 34 の先端の導波路幅(単位: μm) を表す。

【0181】図 26 は、下底 18B における内側境界線 20B 及び 22B の間の距離を変化させたときの減衰量を示すグラフである。横軸は、下底 18B における内側境界線 20B 及び 22B の間の距離(単位: μm) を表す。

【0182】尚、従来構成(ガイド導波路 14 がない構成)による減衰量の値(約 $4, 18 \text{ dB}$)、及び第 1 の実施の形態の構成(ガイド導波路 14 が過渡導波路 18 上にのみ設けられている構成)による減衰量の値(約 $3, 62 \text{ dB}$)も、それぞれ、図 22～図 26 に示している。

【0183】図 22 に示すように、第 1 ガイド導波路 30 の長さが約 $350 \mu\text{m}$ 又は約 $650 \mu\text{m}$ のとき、損失が極小となった。第 1 の実施の形態の構成と比較すると、第 1 ガイド導波路 30 の長さが約 $350 \mu\text{m}$ のと

き、0.3 dBだけ損失を低減することができる。

【0184】又、図23に示すように、第2ガイド導波路32及び34の長さが約370 μm又は約700 μmのとき、損失が極小となる。

【0185】又、図24及び図25に示すように、各先端の導波路幅が細いほど低損失となる。第1の実施の形態の構成と比較すると、この導波路幅が1 μmのとき、0.3 μmだけ損失を低減することができる。

【0186】又、図26に示すように、下底18Bにおける内側境界線20B及び22Bの間の距離が5 μm以上のとき、第1の実施の形態における損失とおよそ等しい。よって、第1の実施の形態における距離より大きくとることができる。従って、内側境界線20B及び22B間にボイドが含まれていても、このボイドの影響による損失の低減を図ることができる。

【0187】「変形例の説明」この発明は、上述の実施の形態にのみ限定されるものではなく、設計に応じて種々の変更を加えることができる。

【0188】例えば、第2及び第3の実施の形態で使用した有機系材料を、第4～第7の実施の形態におけるガイド導波路14の構成材料として使用しても良い。

【0189】又、例えば、上述の実施の形態では、過渡導波路18の形状を台形状としているが、過渡導波路18の形状は何等これに限定されるものではない。すなわち、入力側導波路16から出力側導波路20及び22に向かって、導波路幅が拡がる構造であれば良い。

【0190】又、出力側導波路20及び22は、直線導波路に限定されるものではなく、様々な曲率を有する曲がり導波路、又は該曲がり導波路と直線導波路とが組み合わされている構成でも、若しくは直線導波路同士が組み合わされている構成でも良い。

【0191】又、例えば、第7の実施の形態に、第1～第6の実施の形態の構成を組み合わせても良い。

【0192】

【発明の効果】上述の説明から明らかなように、この発明の光導波路の構成によれば、出力側導波路における分岐部分の間隔を6 μm以上にした場合でも、これに起因する損失を低減でき、かつ、分岐部分にボイドが含まれていても、これに起因する損失を低減できる。又、この発明の光導波路の製造方法によれば、上述の光導波路を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光導波路の平面図である。

【図2】光導波路の断面図である。

【図3】光導波路等の製造工程を示す断面図である。

【図4】光導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

【図5】過渡導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

【図6】従来構成の光導波路を伝搬する光信号のモード

界分布を示す図である。

【図7】従来構成の過渡導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

【図8】ガイド導波路の屈折率を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図9】第2ガイド導波路の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図10】ガイド導波路の厚さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。

10 【図11】光導波路等の製造工程を示す断面図である。

【図12】光導波路等の製造工程を示す断面図である。

【図13】光導波路等の製造工程を示す断面図である。

【図14】過渡導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

【図15】ガイド導波路の屈折率を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図16】第2ガイド導波路の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図17】ガイド導波路の厚さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。

20 【図18】光導波路の平面図である。

【図19】第7の実施の形態における過渡導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

【図20】入力側導波路を伝搬する光信号のモード界分布を示す図である。

30 【図21】第1の実施の形態における過渡導波路を伝搬する光信号のモード界を示す図である。

【図22】入力側導波路上の第1ガイド導波路の長さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図23】出力側導波路上の第2ガイド導波路の長さを変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図24】入力側導波路上の第1ガイド導波路の先端の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【図25】出力側導波路上の第2ガイド導波路の先端の導波路幅を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

40 【図26】下底18Bにおける内側境界線20B及び22Bの間の距離を変化させたときの減衰量を示すグラフである。

【符号の説明】

10：光導波路

12：Y分岐導波路

14、14A、14B：ガイド導波路

16：入力側導波路

18：過渡導波路

18A：上底

18B：下底

18C、18D：脚

50 20、22：出力側導波路

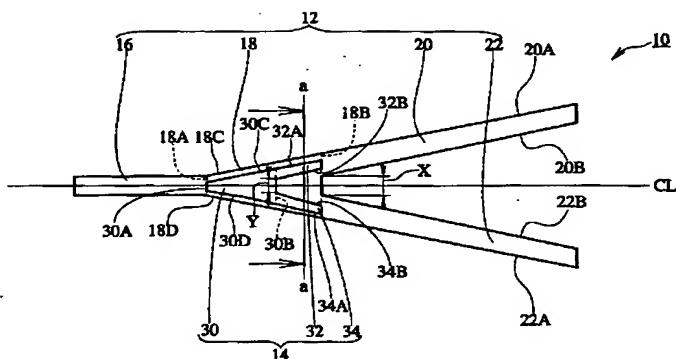
25

20A、22A：外側境界線
 20B、22B：内側境界線
 24：基板
 26：下部クラッド層
 28：上部クラッド層
 30：第1ガイド導波路
 30A：上底
 30B：下底
 30C、30D：脚
 32、34：第2ガイド導波路

26

32A、34A：外側境界線
 32B、34B：内側境界線
 36、50：第1コア層
 38、54：第2コア層
 40、44、52、58：レジストパターン
 42、56：マスク材
 60：平坦面
 62：第3コア層
 64：第1端部
 10 66A、66B：第2端部

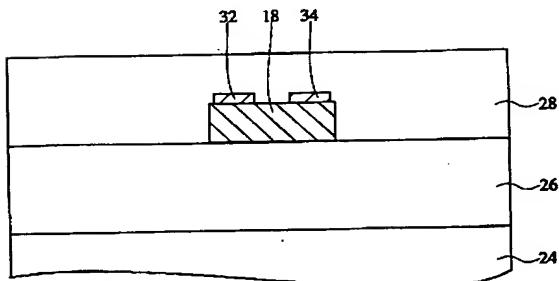
【図1】



10：光導波路 12：Y分岐導波路 14：ガイド導波路 16：入力導波路 18：過渡導波路 18A：上底
 18B：下底 18C,18D：脚 20,22：出力導波路 20A,22A：外側境界線 20B,22B：内側境界線
 30：第1ガイド導波路 30A：上底 30B：下底 30C,30D：脚 32,34：第2ガイド導波路 32A,34A：外側境界線
 32B,34B：内側境界線 CL：中心線

光導波路の平面図

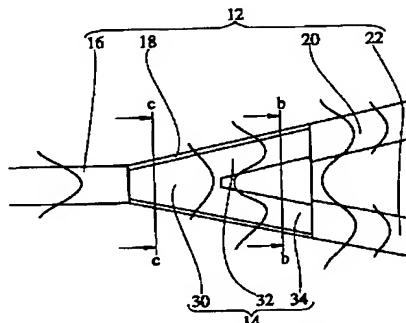
【図2】



24：基板 26：下部クラッド層 28：上部クラッド層

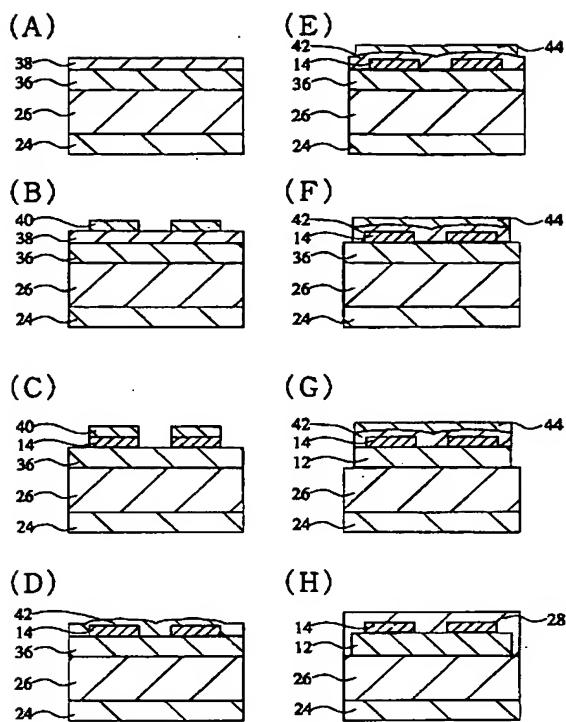
光導波路の断面図

【図4】



モード界分布の伝播形態図

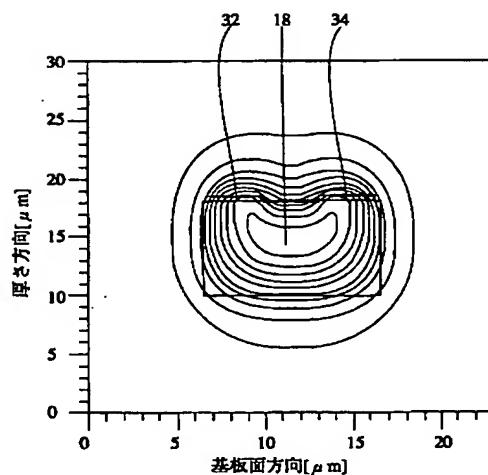
【図3】



36: 第1コア層 38: 第2コア層 40: レジストパター 42: マスク材
44: レジストパター

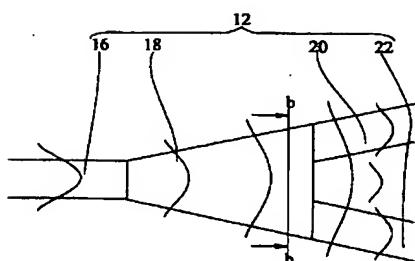
光導波路等の製造工程図

【図5】



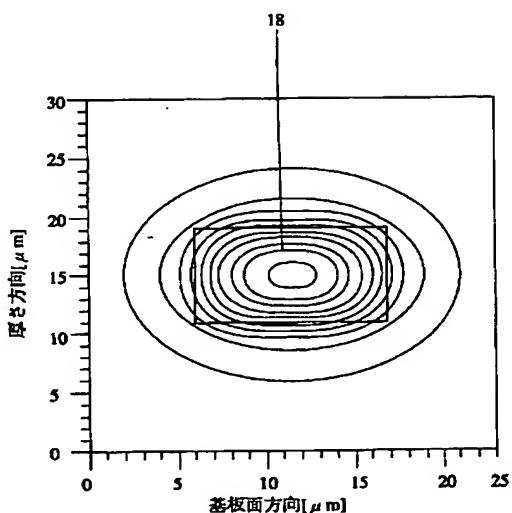
過渡導波路の断面におけるモード界分布

【図6】



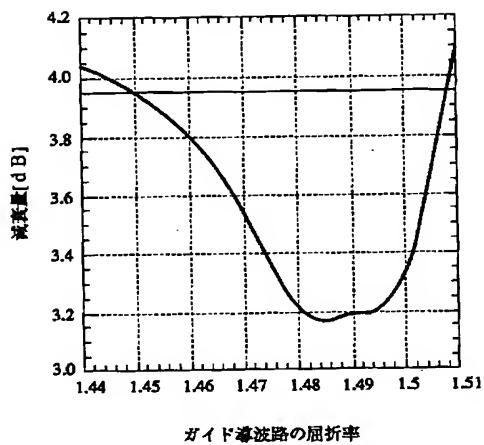
モード界分布の伝搬形態図（従来構成）

【図7】



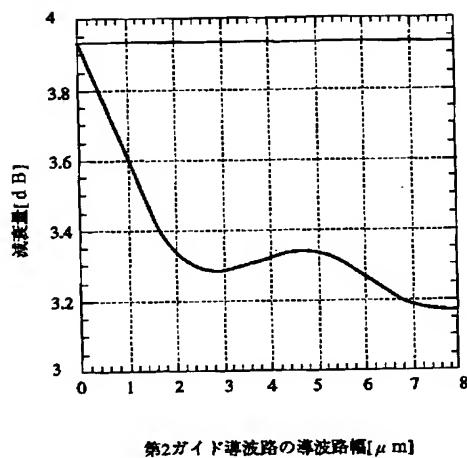
過渡導波路の断面におけるモード界分布（従来構成）

【図8】



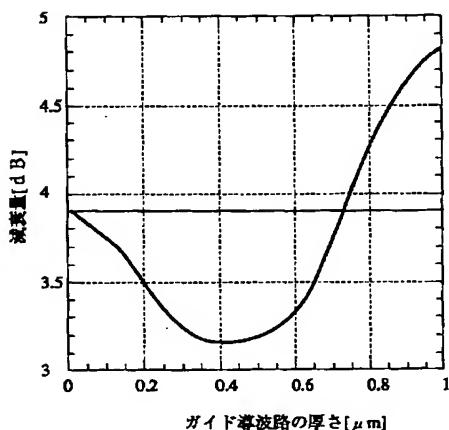
ガイド導波路の屈折率を変化させたときの減衰量

【図9】



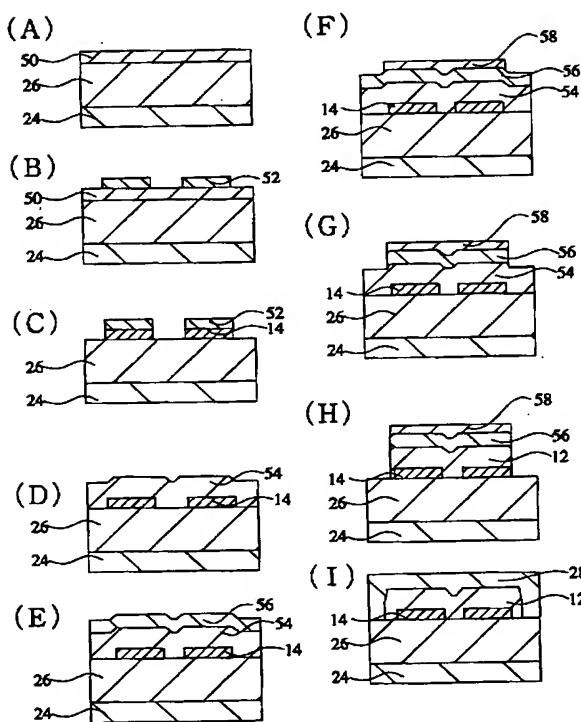
第2ガイド導波路の導波路幅を変化させたときの減衰量

【図10】



ガイド導波路の厚さを変化させたときの減衰量

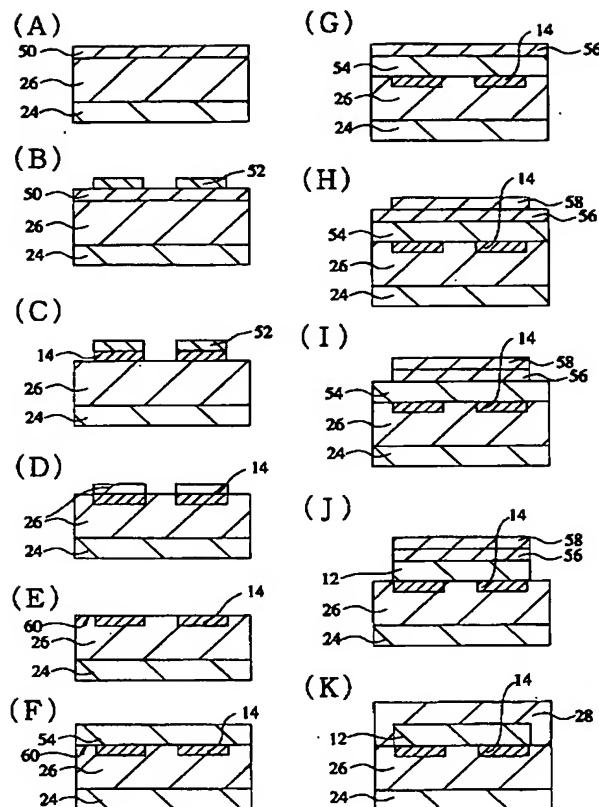
【図11】



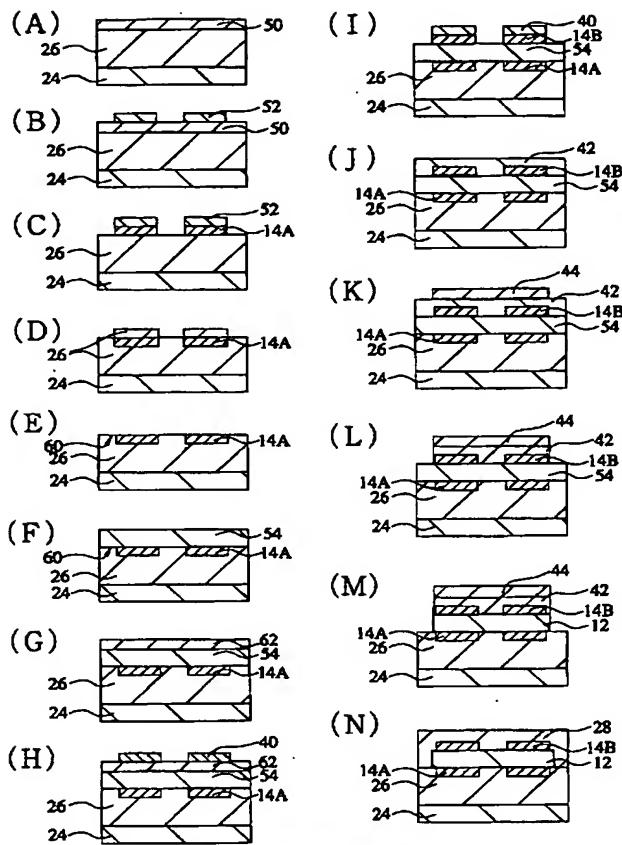
50: 第1コア層 52: レジストパターン 54: 第2コア層 56: マスク材
58: レジストパターン

光導波路等の製造工程図

【図12】

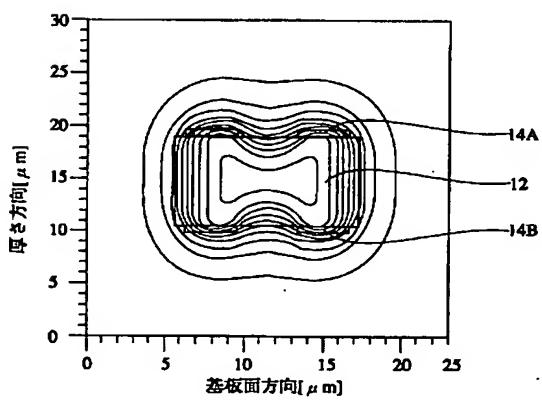
60: 平坦面
光導波路等の製造工程図

【図13】

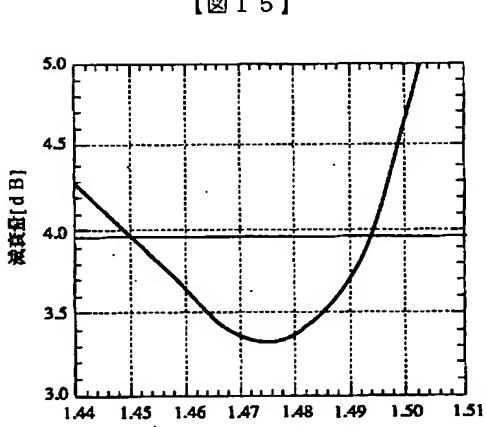


光導波路等の製造工程図

【図14】



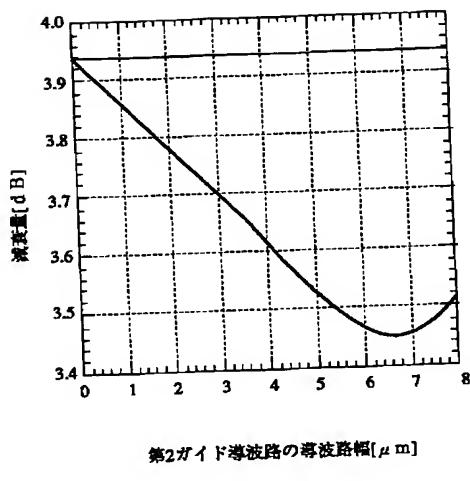
過渡導波路の断面におけるモード分布



ガイド導波路の屈折率

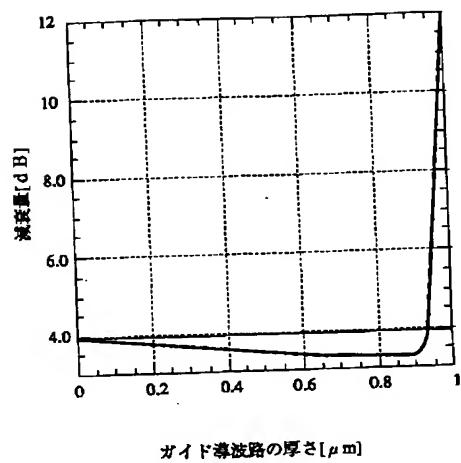
ガイド導波路の屈折率を変化させたときの減衰量

【図16】



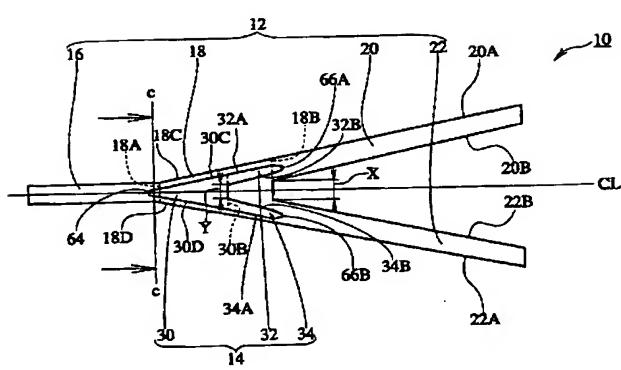
第2ガイド導波路の導波路幅を変化させたときの減衰量

【図17】



ガイド導波路の厚さを変化させたときの減衰量

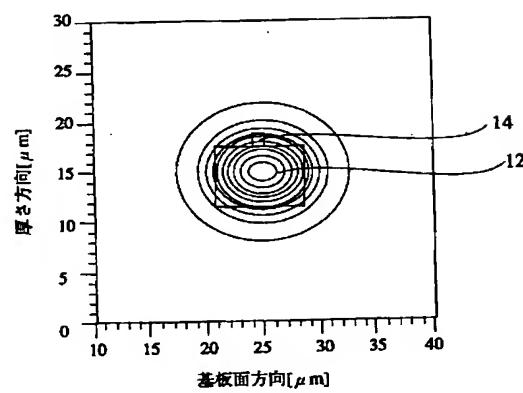
【図18】



64: 第1端部 66A,66B: 第2端部

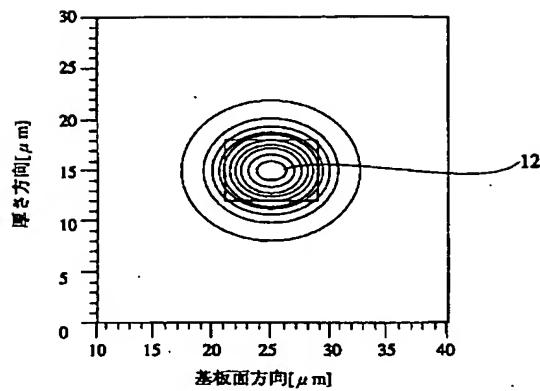
光導波路の平面図

【図19】



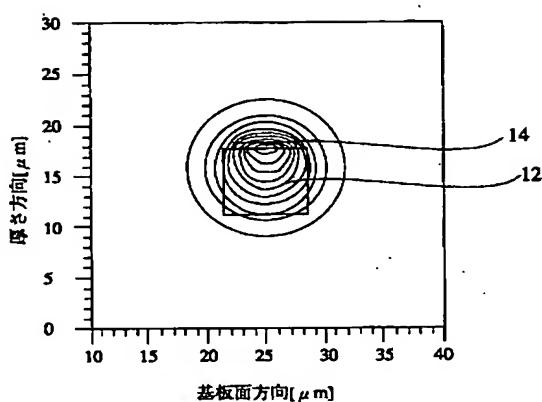
透波導波路の断面におけるモード界分布

【図20】



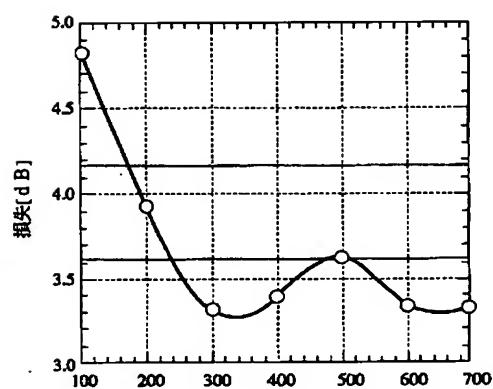
入力側導波路の断面におけるモード界分布

【図21】



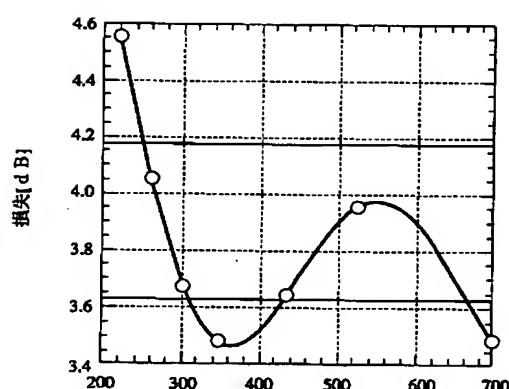
過渡導波路の断面におけるモード界分布

【図22】



入力側導波路上の第1ガイド導波路の長さ[μm]

【図23】

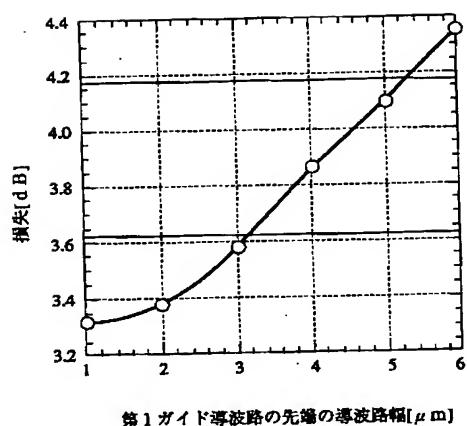


出力側導波路上の第2ガイド導波路の長さ[μm]

入力側導波路上の第1ガイド導波路の長さを変化させたときの減衰量

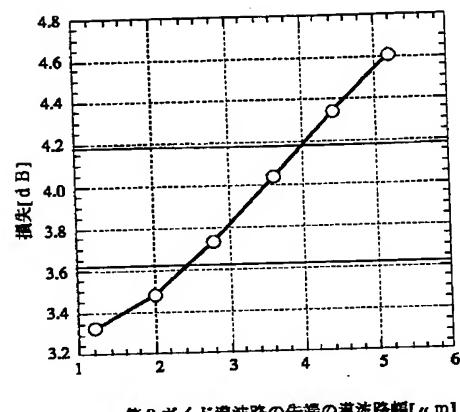
出力側導波路上の第2ガイド導波路の長さを変化させたときの減衰量

【図 24】



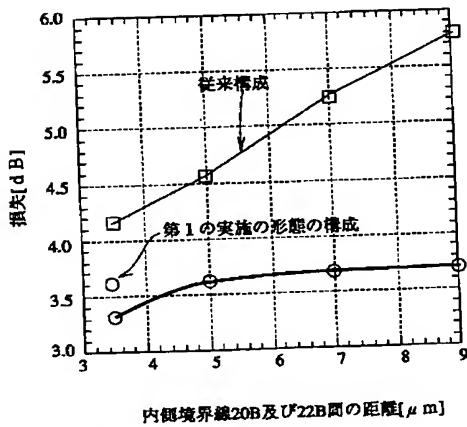
第1ガイド導波路の先端の導波路幅を変化させたときの減衰量

【図 25】



第2ガイド導波路の先端の導波路幅を変化させたときの減衰量

【図 26】



内側境界線20B及び22B間の距離を変化させたときの減衰量